
ALGORITMOS GENÉTICOS APLICADOS AL TRÁFICO VEHICULAR DE LA CIUDAD CAPITAL DE GUATEMALA PARA BÚSQUEDA DE RUTAS ALTERNAS EFICIENTES QUE APOYEN EL REORDENAMIENTO VIAL

Christoper Emanuel Santisteban González

Mtro. en Tecnologías de la Información
y la Comunicación
ces2601@gmail.com

María Elizabeth Aldana Díaz

Asesora
Mtra. en Ingeniería Informática, IPTV,
IPTV Móvil, Redes de Entrega de Conte-
nido (REC) y Sistemas Distribuidos
maria.aldana.usac@gmail.com

Resumen

El reordenamiento vial es una tendencia que se está adoptando en la ciudad de Guatemala, para redistribuir el tráfico de una manera más ordenada y fluida. La presente investigación busca apoyar estos esfuerzos, mediante la aplicación de tecnología a problemas cotidianos como transportarse de un lugar a otro. Se han realizado diversas investigaciones que buscan ofrecer soluciones tecnológicas al tráfico vehicular, mediante el enfoque de algoritmos genéticos se ha buscado la optimización de rutas en términos de espacio o tiempo; sin embargo, es evidente la necesidad de incluir parámetros adicionales como el flujo vehicular, posibles accidentes y tiempos de espera en semáforos, que permitan realizar simulaciones más apegadas a la realidad y obtener resultados más exactos.

La presente investigación busca apoyar el reordenamiento vial, mediante la creación de un algoritmo genético cuya función *fitness* calcule rutas óptimas en términos de la distancia, tiempo y velocidad, se toman en consideración eventos aleatorios como accidentes de tránsito, la densidad del tráfico vehicular y el tiempo de espera en los semáforos, dicho algoritmo genético, se utiliza en un prototipo el cual permite visualizar de manera gráfica la ruta calculada.

Palabras clave

Algoritmos genéticos, tráfico vehicular, función *fitness*, reordenamiento vial.

Abstract

The road reordering is a trend that is being adopted in Guatemala City to redistribute vehicular traffic in an orderly and smoothly manner. This research seeks to support these efforts by applying technology to everyday problems as it is transportation from one place to another. There has been research seeking to provide technological solutions to vehicular traffic, like using genetic algorithms for route optimization in terms of space or time; however, it is clear the need to include additional parameters such as traffic flow, accidents and waiting times at traffic lights that allow simulations more attached to reality and get accurate results.

This research sought to support the road reordering by creating a genetic algorithm whose fitness function calculates optimal routes in terms of distance, time and speed, taking into consideration random events like traffic accidents, the density of traffic and time waiting at traffic lights, this genetic algorithm was used in a prototype which allows to graphically display the calculated route.

Keywords

Genetic Algorithms, Vehicular traffic, fitness function, roads reordering.

Introducción

El problema del tráfico vehicular es común en las ciudades de América Latina y ha surgido, debido al crecimiento desmedido y la falta de planificación de las ciudades. Una herramienta poderosa y ampliamente utilizada para resolver problemas de optimización son los algoritmos genéticos, que se basan en la naturaleza evolutiva para determinar cada generación, los individuos más aptos para la siguiente generación, da como resultado, luego de varias evoluciones, el mejor resultado posible de la población inicial. Analizando el problema del tráfico vehicular como un sistema de información se puede aplicar este concepto para encontrar la ruta óptima entre dos puntos, tomando en consideración el flujo vehicular, posibles accidentes y tiempos de espera en semáforos

Desarrollo del estudio

La manera como se crea el algoritmo genético es mediante la utilización de bibliografías primarias y secundarias para la creación. Los algoritmos genéticos utilizados son:

- Algoritmo genético de Wei Fan y Randy Machemehl (2006). Con base en esta investigación, se crea la matriz de tráfico, en la cual se analizan los parámetros en estudio para crear la función fitness, necesaria para el cálculo de rutas óptimas.
- Algoritmo genético de Teklu, Sumalee y Watling (2007). Con base en los resultados de los investigadores, se determina que definir un tiempo fijo de semáforo es suficientemente aceptable para el cálculo de rutas, que mediante observación directa se estima que en promedio cada semáforo repercute en una espera de 30 segundos.
- Algoritmo genético de Chand, Prasad y Dehuri (2010). Permite establecer la base de la función *fitness*, mediante el análisis de cada cromosoma como una ruta posible que cumple el objetivo de ir de un punto A hacia un punto B, y cada gen de dicho cromosoma, como cada punto que compone la ruta.

Los accidentes de tránsito se analizan mediante el desarrollo de la siguiente función polinomial:

$$\text{Accidentes} = 0.0062x^3 - 0.7624x^2 + 31.853x + 414.23$$

La cual se crea con base en la información histórica obtenida y permite estimar la cantidad de accidentes en un día determinado.

Resultados obtenidos

En la matriz de tráfico se incluyen 17 puntos para crear distintas rutas, utilizando el siguiente formato de la tabla I y representado en la figura 1.

Tabla I. *Matriz de tráfico*

ID Origen	1	1	2
ID Destino	2	3	4
Coord. Geométrica	14.62, -90.49	14.62, -90.49	14.62, -90.49
Distancia (m)	120	250	300
Tiempo (minutos)	1	1	1
Velocidad (km/h)	7.2	15	18
Tráfico	1	1	1
Accidentes	1	1	1
Semáforos	0	0	0

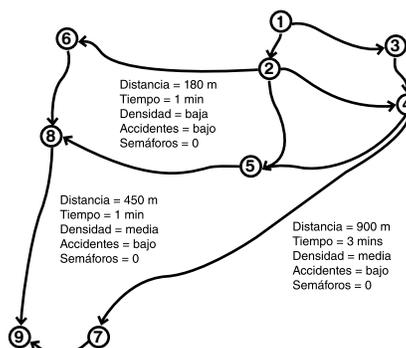


Figura 1. Representación gráfica de matriz de tráfico

La aptitud asignada a cada ruta se calcula mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Distancia aptitud} = \text{Distancia}$$

$$\text{Tiempo aptitud} = \text{Tiempo} * (\text{Tráfico} + 0.25 * \text{Accidentes}) + 0.5 * \text{Semáforos}$$

$$\text{Velocidad aptitud} = (\text{Distancia} / \text{Tiempo}) * 0.06$$

$$\text{Aptitud Final} = \text{Velocidad} * 10$$

La aptitud final se multiplica por 10 para obtener una mejor ponderación numérica para la aptitud de rutas similares.

En el prototipo se utiliza el API de Google Maps para mostrar gráficamente la ruta calculada, la cual se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Cálculo de ruta utilizando el prototipo y el AG.

El objetivo es comparar los resultados teóricos con los resultados reales y adicionalmente compararlos con Google Maps, para evaluar exactitud y tiempos de respuesta.

De los resultados se concluye que las rutas calculadas con el algoritmo genético tienen un porcentaje de error promedio de 12 %, mientras que el porcentaje de error promedio es 24 % cuando se calcula la ruta utilizando Google Maps, el resultado se muestra gráficamente en la Figura 3.

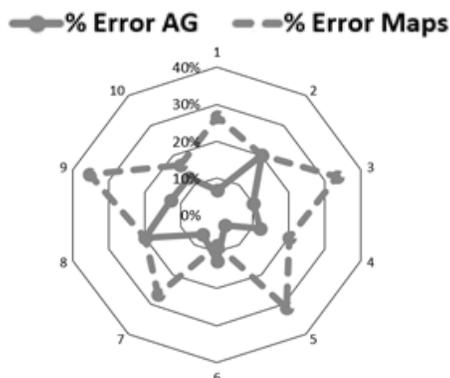


Figura 3. Comparación de resultados del experimento en gráfico radial.

Discusión de resultados

La velocidad es un parámetro subjetivo, no se debe analizar como parámetro fundamental en el cálculo de rutas, sino como una referencia para la rapidez promedio que se puede llegar a alcanzar. Para la espera en semáforos se puede obtener una mejora en el algoritmo genético cambiando el tiempo promedio de espera por un valor aleatorio, que podría tener tres posibles valores, el mínimo, el promedio o el máximo de todos los semáforos observados.

Un parámetro que no es tomado en consideración que podría mejorar la investigación es el estudio de los carriles reversibles que son implementados por la PMT. El algoritmo genético presenta la desventaja que no recalcula una ruta una vez fue calculada, en comparación con Google Maps y Waze, además, se podría obtener mayor detalle de información utilizando un dispositivo ODBII, que permita conectar la computadora del vehículo con el teléfono, a manera de registrar tiempo, distancia, velocidad, consumo de gasolina, entre otros.

El prototipo se puede mejorar mostrando indicaciones que faciliten transitar la ruta obtenida como resultado del algoritmo genético, las cuales se pueden incluir utilizando el API de Google Directions.

Conclusiones

1. El algoritmo genético que se desarrolla calcula rutas óptimas con base en la distancia, tiempo y velocidad, tomando en consideración eventos aleatorios como accidentes de tránsito, la densidad del tráfico vehicular y el tiempo de espera en los semáforos, tiene un promedio de error del 12 %, mientras que el algoritmo de GoogleMaps tiene un promedio de error del 24 %, por lo cual, con el algoritmo genético propuesto se mejora la exactitud en el cálculo de rutas en comparación con GoogleMaps.
2. Se define una función *fitness* funcional en términos de distancia, tiempo y velocidad, tomando en consideración eventos aleatorios como accidentes de tránsito, la densidad del tráfico vehicular y el tiempo de espera en los semáforos.

ros, la cual es funcional porque se apega a la realidad en un 88 %.

3. Los valores óptimos para los parámetros de la función *fitness* se determinan mediante pruebas de estrés y comparación de resultados teóricos y reales. El tiempo base (tiempo que toma recorrer una distancia en condiciones ideales) se relaciona con la densidad vehicular por un factor del 100 %, los accidentes lo incrementan en un 25 %, mientras que los semáforos en promedio, incrementan el tiempo por un factor de 30 segundos por semáforo.

Recomendaciones

1. Investigar sobre redes VANET, con el objetivo que los resultados y conclusiones de la presente investigación puedan ayudar a crear dichas redes y servir de base para la creación de ciudades inteligentes.
2. Investigar sobre redes neuronales, a manera de crear no solo un algoritmo genético que calcule rutas óptimas, sino que aprenda de ellas por si solo, y pueda ser lo suficientemente inteligente para predecir el tráfico o recalcular rutas.

Referencias bibliográficas

- Chand, P., Prasad, B., & Dehuri, S. (2010). A multi objective genetic algorithm for solving vehicle routing problem. *International Journal of Information Technology and Knowledge Management*.
- Fan, W., & Machemehl, R. (2006). Optimal Transit Route Network Design Problem with Variable Transit Demand: Genetic Algorithm Approach. *Journal of transportation engineering*.
- Teklu, F., Sumalee, A., & Watling, D. (2007). A Genetic Algorithm Approach for Optimizing Traffic Control Signals Considering Routing. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*.

Información del autor

Ingeniero en Ciencias y Sistemas, Christoper Emanuel Santisteban González, graduado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2014.

Especialización en Administración Tecnológica de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2015.

Maestro en Artes en Tecnologías de la Información y Comunicación de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), 2016.